

УДК 595.76

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ РИСУНКА НАДКРЫЛИЙ В ПОПУЛЯЦИИ  
ЖУКА-МОГИЛЬЩИКА *NICROPHORUS INVESTIGATOR*  
(COLEOPTERA, SILPHIDAE)**

**О. А. ТОЛСТОГУЗОВА, С. Н. ЛЯБЗИНА, Н. В. БОЛСУН**

*Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск*

[olga.tukacheva.91@mail.ru](mailto:olga.tukacheva.91@mail.ru), [slyabzina@petrsu.ru](mailto:slyabzina@petrsu.ru), [nikitabolsun@yandex.ru](mailto:nikitabolsun@yandex.ru)

**Аннотация.** Проведен анализ изменчивости рисунка надкрылий в популяции жука-могильщика, *Nicrophorus investigator* из г. Петрозаводска. С использованием программ Quantum GIS 2.2.0-Valmiera и Microsoft Excel выявлено две формы рисунка надкрылий: типичная и аберрантная. Типичная форма имеет характерный черный рисунок из пятен и соединяющих их перемычек на оранжевом фоне элитр. Редкая форма отличается резким уменьшением площади темных участков. Распределение значений исследуемого признака нормальное. Установлено, что пятна более изменчивы, чем перемычки.

**Ключевые слова:** *Nicrophorus investigator*, жук-могильщик, рисунок надкрылий, непрерывная изменчивость.

**Введение.** За последние годы накоплены обширные литературные данные по изучению фенетической структуры популяций жесткокрылых (Голуб, Лихман, 2003; Трофимов, 2008; Негроров, 2010). Фенетический подход в исследовании живых организмов перспективен в палеонтологических, микроэволюционных, таксономических и стратиграфических исследованиях (Яблоков, Ларина, 1985). Он позволяет находить границы и выявлять сходства между популяциями (Новоженков, 1982), проследить тенденцию их изменения в связи с возрастающим антропогенным воздействием на природу (Левых, Пузынина, 2013).

Могильщик-исследователь (*Nicrophorus investigator* (Zett., 1824)) – обычный вид для республики Карелия, встречается во всех биотопах (Лябзина, Узенбаев, 2013). По типу питания относится к некрофагам. Образ жизни характеризуется сложным субсоциальным поведением – заботой о потомстве (Ratcliffe, 1996). Самка и самец закапывают трупы мелких животных в почву, где проходит развитие преимагинальных стадий. Представители вида

характеризуются яркой окраской и сильно варьирующим рисунком надкрылий, что делает их идеальным объектом для фенетических исследований.

Целью работы является изучение изменчивости рисунка надкрылий в популяции жука-могильщика (*N. investigator*).

В задачи работы входило:

- 1) Провести анализ рисунка надкрылий могильщика-исследователя;
- 2) Определить характер изменчивости окраски надкрылий;
- 3) Изучить «рельеф» рисунка надкрылий;
- 4) Изучить природный полиморфизм (выявить фены окраски).

**Материалы и методы исследования.** Сбор материала проводился в июне-августе 2014 г в парковых зонах г. Петрозаводска (61°42'N, 34°22'E). Древесная растительность в исследуемых парках (парк Онежского Тракторного Завода, парк 50-летия Пионерской организации) представлена тополями, березой, липой, кленами и др. Почвы – урбаноземы испытывают в этих местах наименьший антропогенный пресс (Федорец, Медведева, 2005).

Жуков отлавливали почвенными ловушками с приманками. Трупные приманки мелких позвоночных животных массой от 25 до 180 г (птица, рыба, мелкие млекопитающие) помещали в сосуды (банки, стаканчики), которые вкапывали вровень поверхности почвы. Всего собрано 241 особь. У пойманных жуков определяли пол, фотографировали их на фоне миллиметровой бумаги, ставили индивидуальную метку на надкрыльях в виде небольших надрезов и отпускали обратно на приманку. Меченных животных не учитывали в последующих сборах.

Морфологическую изменчивость рисунка изучали по его характеру и цветности. Окраска жуков черная с двумя оранжевыми перевязями (рис. 1). Рисунок складывается из пятен, соединенных между собой перемычками.

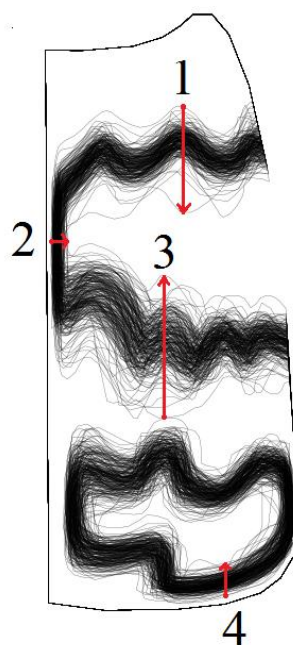


**Рис. 1.** Внешний вид имаго *Nicrophorus investigator*  
**Fig. 1.** General view of *Nicrophorus investigator* imago

Растровые фотографии надкрылий жуков внедряли в среду Quantum GIS 2.2.0-Valmiera (<http://www2.qgis.org/ru/site/>) по условным координатам. Путем ректификации подгоняли фотографии к единому контуру надкрылий. Было получено 241 изображение контуров, накладывающихся друг на друга.

Дальнейшая обработка материала проводилась по правому надкрылью. Для каждой особи на надкрылье были вручную нарисованы участки темного цвета как векторный регион в одном общем векторном слое. Затем в автоматическом режиме была рассчитана площадь темной области надкрылья. Зная общую площадь надкрылья, была найдена доля площади (%) темных участков. Анализ распределения значений выполняли в среде Microsoft Excel, оценку нормальности проводили с использованием критерия Пирсона,  $\chi^2$ .

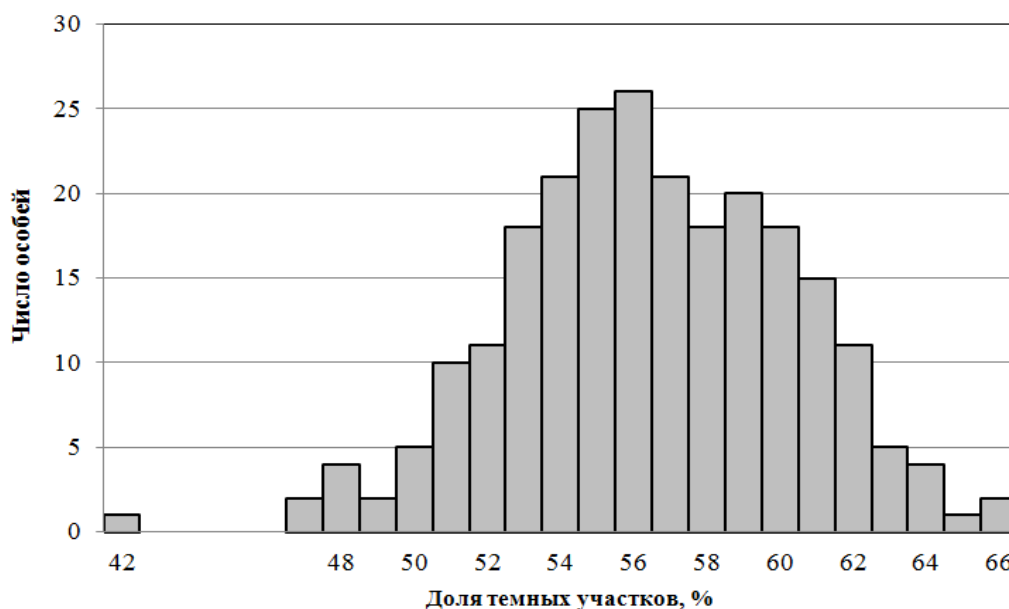
Для изучения изменчивости отдельных элементов рисунка, было заранее выбрано четыре участка контуров надкрылий (рис. 2). При едином масштабе, были измерены расстояния (мм) от контура с наименьшей изменчивостью до остальных контуров в каждом участке. Статистическое оценивание полученных значений проводили с помощью метода описательной статистики в среде Microsoft Excel. Для попарного сравнения выборок использовали критерий Фишера ( $F$ ).



**Рис. 2.** Сравнимые участки рисунка надкрылий *Nicrophorus investigator*  
**Fig. 2.** Compared areas of *Nicrophorus investigator* elytra pattern

### Результаты. Общая характеристика рисунка по форме и площади.

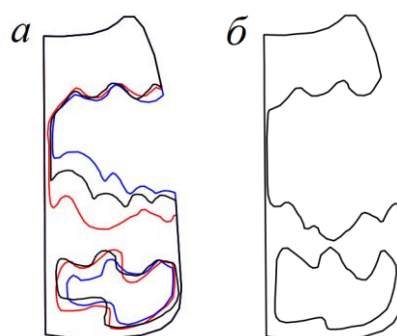
Распределение значений доли темных участков соответствует нормальному ( $\chi^2 = 7.48$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.05$ ). Гистограмма показывает практически непрерывную изменчивость исследуемого признака. Все жуки имеют плавно переходящий рисунок, за исключением одного с очень низкой долей темных участков (рис. 3).



**Рис. 3.** Гистограмма распределения доли темных участков надкрылий у *Nicrophorus investigator*

**Fig. 3.** Share distribution histogram of *Nicrophorus investigator* elytra dark areas

Выделено две формы рисунка надкрылий: типичная – часто встречаемая (рис. 3а) и aberrантная – выпадающая из непрерывного ряда изменчивости (рис. 3б).



**Рис. 3.** Рисунки надкрылий *Nicrophorus investigator*:  
а – типичная форма и её крайние варианты, б – aberrантная форма

**Fig. 3.** *Nicrophorus investigator* elytra patterns:  
a - typical form and its extreme variants, b - aberrant form

Типичная форма имеет характерный черный рисунок: узкая кайма по нижнему боковому краю и шву и три поперечные перевязи – у основания, посередине и на вершине. Доля темных участков часто встречаемой вариации – 55-56 % (рис. 3а, черный контур). Крайние вариации отличаются величиной темных участков: черный цвет либо сильно редуцирован – 47-50 % (рис. 3а, красный контур), либо, наоборот, занимает большую часть поверхности надкрылий – 63-66 % (рис. 3а, синий контур).

Аберрантная форма характеризуется очень низкой долей темных участков и почти полным отсутствием двух перемычек – 42 %, представлена единично (рис. 3б). По-видимому, этот рисунок можно рассматривать, как неблагоприятный для её носителя.

**Изучение изменчивости рисунка надкрылий могильщика-исследователя.** На основе статистического оценивания проведенных измерений в отдельных участках рисунка выяснено, что изменчивость элементов в центре (участки 1 и 3) достоверно выше изменчивости перемычек по нижнему краю и шву надкрылий (участки 2 и 4) (табл. 1). Полученные значения критерия Фишера ( $F$ ):  $F_{1-2} = 14.70$ ,  $F_{3-4} = 6.08$  больше табличного –  $F(0.05; 239; 239) = 1.24$ .

**Таблица 1.** Статистическое оценивание изменчивости отдельных элементов рисунка  
**Table 1.** Statistic evaluation of variability of elytra pattern individual elements

Статистический показатель	Пятно (участок 1)	Перемычка (участок 2)	Пятно (участок 3)	Перемычка (участок 4)
Среднее арифметическое	35.41	6.69	69.72	17.42
Стандартное отклонение	12.44	3.24	17.1	6.93
Дисперсия выборки	154.72	10.53	292.45	48.09
Медиана	35	6.5	67	17
Мода	51	6	57	25
Объем выборки	240			
Критерий Фишера, $F$	14.7		6.08	

Таким образом, можно сделать вывод, что в структуре рисунка исследуемого вида устойчивыми (менее изменчивыми) элементами являются перемычки, а неустойчивыми – пятна.

**Обсуждение.** Литературные данные по изменчивости жуков-могильщиков немногочисленны. Первые упоминания относятся к 1933 году. Erna Pukowski (1933)

выделяла могильщиков с преобладание темного цвета в окраске надкрылий как наиболее часто встречаемых. В последние годы вышла работа И. Е. Трофимова (2008) по изучению фенетической структуры популяции могильщика рыжебулавого (*N. vespillo* (L.,1761)) из Калужского городского бора. Автором было выделено 6 рисунков, из которых два являются типичными. В Карелии подобные исследования проводились только в отношении других видов жесткокрылых. Так, например, С. Д. Узенбаев и Т. И. Ридаль (1993) по схожей методике установили 12 аберраций усача изменчивого (*Evodinus interrogationis* L.) из 150, выделенных ранее Н. Н. Плавильщиковым (1936).

Исследованная популяция могильщика-исследователя характеризуется 2 формами рисунка надкрылий: типичной и абберантной. Типичная форма образована непрерывным рядом переходных вариаций – от более светлых до сильно затемненных. Многообразие переходных вариаций при преобладании основного типа рисунка объясняется необходимостью популяции обеспечить себя запасом изменчивости от возможных последствий при изменении среды, а также необходимостью не потерять средней приспособленности за счет преимущественного размножения основной формы (Новоженков, 1980).

Специфические рисунки зачастую имеют мутационную природу и, в условиях города, нередко являются ответом на действие антропогенных факторов (Левых, Пузынина, 2013). Их присутствие свидетельствует о наличии в популяции иного генотипа (Яблоков, 1980).

Степень проявления признака зависит от модифицирующего воздействия факторов генотипической, внутренней и внешней среды (Тимофеев-Ресовский, Иванов, 1966). Генотип определяет спектр возможностей развития признака, а их реализацию – условия, в которых происходит развитие организма (Марков, 2010). Внешнее воздействие может оказывать температура среды: её низкие значения увеличивают темные участки на надкрыльях, тогда как высокие, наоборот, уменьшают. В городских условиях, немаловажен антропогенный фактор. На примере бабочек хорошо изучено явление индустриального меланизма – успешное выживание в загрязненных районах более темных (меланистических) форм (Тыщенко, 1986). Изменение окраски возможно и без участия внешних стимулов. Например, описанное у гусениц бабочки гарпии *Cetura venula* L. покраснение перед окукливанием является побочным результатом действия личиночного гормона (Захваткин, 2001).

Изменчивость рисунка могильщика-исследователя можно сравнить с колебанием уровня воды в водоеме, где «вода» - это заполняемый темные участки пигмент. Постепенный подъем уровня «воды» приводит к уменьшению площади светлых участков (рис. 4).



**Рис. 4.** Вариации типичного рисунка надкрылий *Nicrophorus investigator*, расположенные в порядке увеличения темных участков

**Fig. 4.** Variations of the typical *Nicrophorus investigator* elytra pattern, arranged in order of dark areas increasing

Наличие в популяции отличающихся форм и всех типов переходов между ними делают её весьма пластичной - при изменении давления отбора популяция сможет быстро и успешно изменить свою структуру и приспособиться к новым условиям среды (Новоженков, 1980).

**Заключение.** В результате работы для могильщика-исследователя из окрестностей г. Петрозаводска было выделено две формы рисунка надкрылий: типичная и aberrantная. Типичная форма имеет характерный черный рисунок из пятен и соединяющих их перемычек на оранжевом фоне элитр, доля темных участков – 55–56 %. Между ее крайними проявлениями имеется ряд переходных вариаций рисунка. Aberrantная форма встречается единично и отличается резким преобладанием оранжевого цвета в окраске надкрылий, доля черного – 42 %. Таким образом, исследуемый признак изменяется практически непрерывно, распределение соответствует нормальному ( $X^2 = 7.48$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.05$ ). Установлено, что

изменчивость пятен в центре рисунка достоверно выше изменчивости перемычек по нижнему краю и шву надкрылий.

**Благодарности.** Авторы выражают признательность А. В. Коросову за помощь при подготовке материалов и обсуждении рукописи.

### **Библиография.**

Голуб В. Б., Лихман Н. С. Фенетический анализ группировок клопа *Lygus rugulipennis* popp. (Heteroptera, Miridae), населяющих г. Воронеж и его окрестности [Phenetic analysis of bug groups, *Lygus rugulipennis* popp. (Heteroptera, Miridae) from Voronezh and its surroundings] // Вестник ВГУ. 2003. №1. С. 41–45.

Захваткин Ю. А. Курс общей энтомологии. [Course of general entomology] М.: Колос, 2001. 376 с.

Левых А. Ю., Пузынина Г. Г. Фенетический анализ популяций животных в условиях урбоэкосистемы [Phenetic analysis of animal populations in conditions of urboecosystem] // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 6. С. 87–95.

Лябзина С. Н., Узенбаев С. Д. Экология жуков-мертвоедов (Coleoptera, Silphidae) в Карелии [Ecology of carrion beetles (Coleoptera, Silphidae) in Karelia] // Ученые записки Петрозаводского Государственного университета. Серия: Естественные и технические науки, 2013. № 2. С. 27–31.

Марков А. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня: неожиданные открытия и новые вопросы. [A birth of complexity. Evolutionary biology today: unexpected discoveries and new questions] М.: Астрель: CORPUS, 2010. 527 с.

Негробов С. О. Аберративная изменчивость рисунка надкрылий рода *Agrilinus* (Aphodiidae, Coleoptera) в условиях центрального Черноземья [Aberration variability elytra pattern of genus *Agrilinus* (Aphodiidae, Coleoptera) in conditions of the Central Chernozem] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2010. Т. 21, № 13. С. 69–72.

Новоженков Ю. И. Полиморфизм и непрерывная изменчивость в популяциях насекомых [Polymorphism and continuous variability in populations of insects] // Журнал общей биологии. 1980. Т. 41, № 5. С. 668–679.

Новоженков Ю. И. Географическая изменчивость и популяционная структура вида [Geographical variability and population structure of the species] // Фенетика популяций. М.: «Наука», 1982. С. 78–90.



- Плавильщиков Н. Н. Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Жуки-дровосеки (Cerambycidae). Ч. 1. [Fauna of the USSR. Coleoptera insects. Longhorn beetles (Cerambycidae). Part 1] М.—Л.: Издательство АН СССР, 1936. Т. 21. 612 с.
- Ридаль Т. И., Узенбаев С. Д. Аберративная изменчивость рисунка надкрылий некоторых видов жесткокрылых [Aberration elytra pattern variability of some species of Coleoptera] // Контроль состояния и регуляции функций биосистем на разных уровнях организации. Петрозаводск, 1993. С. 5–15.
- Тимофеев-Ресовский Н. В., Иванов В. И. Некоторые вопросы феногенетики [Some questions of phenogenetics] // Актуальные вопросы современной генетики. М., 1966. С. 114–130.
- Трофимов И. Е. Некоторые результаты популяционно-фенетического анализа *Nicrophorus vespillo* (Coleoptera, Silphidae) из Калужского городского бора [Some results of the population-phenetic analysis of *Nicrophorus vespillo* (Coleoptera, Silphidae) from a Kaluga urban pinery] // Зоологический журнал. 2008. Т. 87, № 6. С. 658–664.
- Тыщенко В. П. Физиология насекомых. [Insect physiology] М.: Высшая школа, 1986. 303 с.
- Федорец Н. Г., Медведева М. В. Эколого-микробиологическая оценка состояния почв г. Петрозаводска. [Ecological and microbiological assessment of soils in Petrozavodsk] Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 96 с.
- Яблоков А. В. Фенетика. [Phenetics] М.: Наука, 1980. 132 с.
- Яблоков А. В., Ларина Н. И. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций. [Introduction to population phenetics. A new approach to the study of natural populations] М.: Высшая школа, 1985. 159 с.
- Pukowski E. Okologische untersuchungen an *Necrophorus* F. // Zeitschrift fur Morphologie und Oekologie der Tiere 27 (3), 1933. P. 518–586.
- Ratcliffe B. C. The Carrion Beetles (Coleoptera: Silphidae) of Nebraska // Published by the University of Nebraska State Museum Lincoln, Nebraska. 1996. 100 p.

**ELYTRA PATTERN VARIABILITY  
OF *NICROPHORUS INVESTIGATOR* (COLEOPTERA, SILPHIDAE)**

**TOLSTOGUZOVA OLGA, LYABZINA SVETLANA, BOLSUN NIKITA**

**Key words:** *Nicrophorus investigator*, burying beetle, elytra pattern, continuous variability.

**Abstract.** *Nicrophorus investigator* is characterized with bright and variable elytra pattern. Two elytra pattern forms of this burying beetle from Petrozavodsk were found using Quantum GIS 2.2.0 and Microsoft Excel programs. One form is typical and has several transitional variants with different shares of dark areas. The second form is rare with the least share of dark areas. Thus, this investigation revealed that the studied feature varies almost continuously and has a normal distribution. It was found that elytra pattern elements have unequal variability. The spots are more variable than the bridges.